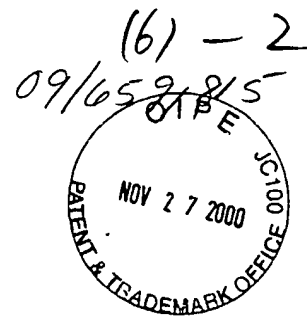


日本国特許庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて
る事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed
in this Office.

出願年月日
Date of Application:

1999年 9月27日

願番号
Application Number:

平成11年特許願第272577号

願人
Applicant(s):

株式会社東芝

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2000年 7月21日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2000-3058124

【書類名】 特許願

【整理番号】 990927SNP3

【提出日】 平成11年 9月27日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G06F 15/62

【発明の名称】 障害物検出装置及びその方法

【請求項の数】 7

【発明者】

 【住所又は居所】 兵庫県神戸市東灘区本山南町 8 - 6 - 2 6 株式会社東芝
 芝関西研究所内

 【氏名】 服部 寛

【特許出願人】

 【識別番号】 000003078

 【住所又は居所】 神奈川県川崎市幸区堀川町 7 2 番地

 【氏名又は名称】 株式会社東芝

【代理人】

 【識別番号】 100059225

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区瓦町 1 丁目 7 番 1 号 第百生命大阪
 瓦町ビル 8 階 蔦田内外国特許事務所

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 蔦田 璋子

 【電話番号】 06-6227-5535

【選任した代理人】

 【識別番号】 100076314

 【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区瓦町 1 丁目 7 番 1 号 第百生命大
 阪瓦町ビル 8 階 蔦田内外国特許事務所

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 蔦田 正人

 【電話番号】 06-6227-5535

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 008589

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 障害物検出装置及びその方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

撮像点の異なる少なくとも 2 画像を入力し、蓄積する画像入力手段と、

前記画像入力手段が蓄積した複数の画像のうちの画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3 次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点 U を抽出する特徴抽出手段と、

前記基準画像上の任意の点 P が前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点 P' を算出し、これら点 P と点 P' の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出手段と、

前記検出手段により検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出手段により抽出した前記投影点 U とに基づいて、前記面上に存在しない点が前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算手段とを有する

ことを特徴とする障害物検出装置。

【請求項 2】

前記衝突時間計算手段は、

前記検出手段により検出した前記面上に存在しない点のうち、前記基準画像上における前記面との境界線上の点と、前記特徴抽出手段により抽出した前記投影点 U に基づいて、

前記面との境界線上の点が、前記基準画像の撮像点に一致するまでの時間を計算する

ことを特徴とする請求項 1 記載の障害物検出装置。

【請求項 3】

前記特徴抽出手段が、

前記面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの方向に一致する複数の線を、前記基準画像から抽出し、

それら抽出した複数の線の交点を前記投影点Uとする

ことを特徴とする請求項 1， 2 記載の障害物検出装置。

【請求項 4】

前記複数の画像の撮像点の互いの位置、姿勢、及び、各画像の焦点距離、画像中心が未知である

ことを特徴とする請求項 1， 2， 3 記載の障害物検出装置。

【請求項 5】

前記検出手段は、

前記基準画像上の任意の点 P が前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点 P' を算出し、

前記点 P と点 P' の周囲の輝度の類似性から前記面上に存在しない点を検出する

ことを特徴とする請求項 1， 2， 3， 4 記載の障害物検出装置。

【請求項 6】

撮像点の異なる少なくとも 2 画像を入力し、蓄積する画像入力ステップと、

前記画像入力ステップにおいて蓄積した複数の画像のうち一の画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3 次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点Uを抽出する特徴抽出ステップと、

前記基準画像上の任意の点 P が前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点 P' を算出し、これら点 P と点 P' の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出ステップと、

前記検出ステップにより検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出ステップにより抽出した前記投影点Uとに基づいて、前記面上に存在しない点が前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算ステップとを有する

ことを特徴とする障害物検出方法。

【請求項 7】

撮像点の異なる少なくとも 2 画像を入力し、蓄積する画像入力機能と、

前記画像入力機能において蓄積した複数の画像のうち一の画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3 次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点 U を抽出する特徴抽出機能と、

前記基準画像上の任意の点 P が前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点 P' を算出し、これら点 P と点 P' の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出機能と、

前記検出機能により検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出機能により抽出した前記投影点 U とに基づいて、前記面上に存在しない点が前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算機能と、

を実現するプログラムを記録した

ことを特徴とする障害物検出方法の記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば、自動車の安全運転を支援するために、車載カメラにより、先行車や歩行者、駐車車両等、道路上に存在する障害物を検出する障害物検出装置、その方法及び記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】

車に搭載したセンサを用いて、歩行者、他の歩行車両、駐車車両等の道路上の障害物を検知するための技術は、交通事故を防止する上で極めて重要な技術である。

【0003】

この車載センサによる障害物検知技術は、レーザや超音波等を利用するものと

、TVカメラを利用するものに大別される。

【0004】

レーザを利用するものは高価であり、超音波を利用するものは超音波の解像度が低いため、障害物の検出精度に問題がある。

【0005】

これに対し、TVカメラは比較的安価であり、解像度や計測精度、計測範囲の面からも障害物検出に適する。また、TVカメラは走行レーンの検出も可能である。

【0006】

このTVカメラを用いる場合、1台のカメラを使用する方法と複数台のカメラ（ステレオカメラ）を使用する方法がある。

【0007】

1台のカメラを使用する方法は、そのカメラで撮影した1枚の画像から、輝度や色、あるいはテクスチャ（模様）等の情報を手がかりにして道路領域と障害物領域を分離する。

【0008】

例えば、画像中で精度の低い中程度の輝度領域、つまり灰色の領域を道路領域として抽出したり、テクスチャの少ない領域を道路領域として抽出し、それ以外の領域を障害物領域とする。

【0009】

しかし、道路と似た輝度、色、あるいはテクスチャを持つ障害物も数多く存在するため、この方法で一般の状況下において障害物領域と道路領域を切り分けるのは困難である。

【0010】

これに対し、複数台のカメラを用いる方法は3次元情報を手がかりにして障害物を検出する。

【0011】

複数台のカメラを用いて対象シーンの3次元情報を得る技術は、一般にステレオ視と呼ばれる。ステレオ視とは、例えば2つのカメラを左右に配置し、3次元

空間中で同一である点を左右画像間に対応づけ、三角測量の要領で、その点の 3 次元位置を求めるものである。各カメラの道路平面からの高さや道路平面に対する傾き等を予め求めておくと、ステレオ視により、画像中の任意の点の道路平面からの高さが得られる。したがって、道路平面からの高さの有無により、障害物領域と道路領域を分離することができる。

【0 0 1 2】

前記の 1 台のカメラを用いる方式では、前述のように、道路と似た輝度や色、テクスチャを持つ領域を障害物として検出することは困難であるが、ステレオ視によれば、道路面からの高さを手がかりにして障害物を検出するため、より一般的なシーンでの障害物検出が可能である。

【0 0 1 3】

しかし、通常のステレオ視は、画像上の任意の点のステレオカメラからの距離を求める技術であり、このためには、予め複数のカメラの間隔や向き、及びカメラレンズの焦点距離、画像中心等に関するパラメータ（カメラパラメータ）を求める必要がある。これらのパラメータを求める作業をキャリブレーション（カメラキャリブレーション）と呼ぶ。

【0 0 1 4】

キャリブレーションは、3 次元位置が既知なサンプル点を多数用意し、その画像への投影位置を求め、各サンプル点の 3 次元位置と投影位置の間に成り立つ関係式を連立させてカメラパラメータを算出する作業である。

【0 0 1 5】

しかし、このキャリブレーションは多大な時間と労力を必要とし、ステレオ視による障害物検出の実用化を妨げる原因の 1 つとなっている。

【0 0 1 6】

また、通常のステレオ視は、3 次元空間中で同一である点を左右画像間に対応づける必要がある。

【0 0 1 7】

この対応づけ処理は図 1 に示すように行われる。左画面上のある点の右画像上の対応点は、同図に示すエピポーララインと呼ばれる線上にある。

【0018】

例えば、2台のカメラを平行に配置した場合には、エピポーララインは走査線に一致する。このエピポーラライン上で最も周囲の輝度のパターンが似ている点を対応点とする。

【0019】

しかし、基本的にこの対応づけは探索計算により行われるため、計算コストが極めて高いという問題がある。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】

上記のように、障害物検出装置は、レーザや超音波を用いるものとTVカメラを用いるものに大別できるが、レーザや超音波を利用する障害物検出装置は高価であったり、計測精度が低いという問題があった。

【0021】

また、TVカメラを利用する障害物検出装置は、使用環境が限定されていたり、多大な時間と労力を必要とするキャリブレーションや、計算コストが高い左右画像の対応探索が必要であるという問題があった。

【0022】

そこで、本発明は上記事情を鑑みてなされたもので、一般環境において、比較的低価格で高精度な障害物検出が可能なステレオカメラを使用し、従来のステレオ視の問題であったキャリブレーションと対応探索処理を行うことなく、道路平面上に存在する障害物を高速に検出し、さらに、障害物の画像上の動きから、障害物が自車に衝突するまでの時間を計測する障害物検出装置、その方法及び記録媒体を提供する。

【0023】

【課題を解決するための手段】

請求項1の発明は、撮像点の異なる少なくとも2画像を入力し、蓄積する画像入力手段と、前記画像入力手段が蓄積した複数の画像のうち一の画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した

前記基準画像上の投影点Uを抽出する特徴抽出手段と、前記基準画像上の任意の点Pが前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点P'を算出し、これら点Pと点P'の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出手段と、前記検出手段により検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出手段により抽出した前記投影点Uとに基づいて、前記面上に存在しない点が前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算手段とを有することを特徴とする障害物検出装置である。

【0024】

請求項2の発明は、前記衝突時間計算手段は、前記検出手段により検出した前記面上に存在しない点のうち、前記基準画像上における前記面との境界線上の点と、前記特徴抽出手段により抽出した前記投影点Uに基づいて、前記面との境界線上の点が、前記基準画像の撮像点に一致するまでの時間を計算することを特徴とする請求項1記載の障害物検出装置である。

【0025】

請求項3の発明は、前記特徴抽出手段が、前記面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの方向に一致する複数の線を、前記基準画像から抽出し、それら抽出した複数の線の交点を前記投影点Uとすることを特徴とする請求項1，2記載の障害物検出装置である。

【0026】

請求項4の発明は、前記複数の画像の撮像点の互いの位置、姿勢、及び、各画像の焦点距離、画像中心が未知であることを特徴とする請求項1，2，3記載の障害物検出装置である。

【0027】

請求項5の発明は、前記検出手段は、前記基準画像上の任意の点Pが前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点P'を算出し、前記点Pと点P'の周囲の輝度の類似性から前記面上に存在しない点を検出することを特徴とする請求項1，2，3，4記載の障害物検出装置である。

【0028】

請求項6の発明は、撮像点の異なる少なくとも2画像を入力し、蓄積する画像

入力ステップと、前記画像入力ステップにおいて蓄積した複数の画像のうちの画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点Uを抽出する特徴抽出ステップと、前記基準画像上の任意の点Pが前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点P'を算出し、これら点Pと点P'の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出ステップと、前記検出ステップにより検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出ステップにより抽出した前記投影点Uとに基づいて、前記面上に存在しない点の前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算ステップとを有することを特徴とする障害物検出方法である。

【0029】

請求項7の発明は、撮像点の異なる少なくとも2画像を入力し、蓄積する画像入力機能と、前記画像入力機能において蓄積した複数の画像のうちの画像を基準画像とし、他の画像を参照画像として、3次元空間中のある面上を前記基準画像の撮像点に対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点Uを抽出する特徴抽出機能と、前記基準画像上の任意の点Pが前記面上にあると仮定した場合の前記参照画像上の対応点P'を算出し、これら点Pと点P'の輝度差から前記面上に存在しない点を検出する検出機能と、前記検出機能により検出した前記基準画像上における前記面上に存在しない点と、前記特徴抽出機能により抽出した前記投影点Uとに基づいて、前記面上に存在しない点の前記基準画像の撮像点と一致するまでの時間を計算する衝突時間計算機能と、を実現するプログラムを記録したことを特徴とする障害物検出方法の記録媒体である。

【0030】

本発明であると複数台のカメラで取得した複数の画像を処理して、3次元空間中のある面からの高さの有無により障害物を検出するため、明るさの変動や影の影響を受けず、画像中から障害物を検出することができる。

【0031】

また、従来のステレオ視の問題であった、多大な時間と労力を要するカメラキャリブレーションの作業と、計算コストの高い奥行き探索（対応探索）処理が不要なため、実用的効果は多大である。

【 0 0 3 2 】

【発明の実施の形態】

以下で本発明の実施例を図面に従い説明する。

【 0 0 3 3 】

本実施例は、図 2 に示すように車（以下では「自車」と呼ぶ）に左右 2 台のカメラを搭載し、そのステレオカメラで取得したステレオ画像を処理することにより、歩行者や先行車、駐車車両等、道路平面上に存在する障害物を検出し、さらに、その障害物が自車に衝突するまでの時間を計算する場合を想定している。

【 0 0 3 4 】

図 3 は、本実施例における障害物検出装置の概略構成を示すもので、ここでは画像入力部 1、画像蓄積部 2、特徴抽出部 3、検出部 4、衝突時間計算部 5 から構成している。

【 0 0 3 5 】

障害物検出装置では、互いの位置・姿勢や、レンズの焦点距離・画像中心等が未知な 2 台のカメラによりステレオ画像を取得し、静止時に予め求めておいた道路平面上の点の左右画像への投影位置の間に成り立つ関係を表した式（以下では「道路平面拘束式」と呼ぶ）を用いて、画像上の各点に対して道路平面からの高さの有無を判別し、障害物領域と道路領域を分離する。さらに、その障害物の画像上の軌跡から障害物が自車に衝突するまでの時間を計算する。

【 0 0 3 6 】

図 4 に自車座標系を示す。

【 0 0 3 7 】

自車座標系は、自車の進行（前後）方向を Y 軸方向とし、左右、上下方向を各々 X、Z 軸、道路平面を X Y 平面とする。本実施例では、自車と障害物は共に道路両端の 2 本の白線（直線 1，1'）に沿って走行することを前提とする。

【 0 0 3 8 】

(画像入力部 1)

画像入力部 1 は、左右 2 台の TV カメラを用いて 2 枚の画像を取得する。これら 2 台のカメラの自車座標系に対する位置や姿勢、各カメラのレンズの焦点距離や画像中心は未知であってよいが、本実施例では、各カメラは車に固定されており、走行中には変化しないものとする。

【0039】

(画像蓄積部 2)

画像蓄積部 2 は、画像入力部 1 により入力された 2 枚の画像を画像メモリに蓄積する。

【0040】

(特徴抽出部 3)

特徴抽出部 3 は、画像蓄積部 2 により蓄積された 2 枚のうちの片方の画像を基準画像とし（以下では左画像を基準画像とする）、その基準画像から図 5 に示すように、2 本の直線 l_1 , l_2 を検出する。

【0041】

その交点（2 直線上の無限遠点の画像への投影点、以下では「消失点」と呼ぶ）を $u_0 = (u_0, v_0)$ とする。この直線検出は例えば、エッジ抽出処理と Hough 変換等を用いて行う。

【0042】

(検出部 4)

検出部 4 は、道路平面上の点の左右画像への投影点間に成り立つ拘束（以下では「道路平面拘束」と呼ぶ）を用いて障害物を検出する。以下にこの道路平面拘束について説明する。

【0043】

道路平面（XY 平面）上の任意の点（X, Y）の左右画像への投影点を各々（ u, v ）, （ u_r, v_r ）とすると、

【数 1】

$$u = \frac{h_{11}X + h_{12}Y + t_1}{h_{31}X + h_{32}Y + t_3}, \quad v = \frac{h_{21}X + h_{22}Y + t_2}{h_{31}X + h_{32}Y + t_3} \quad (1)$$

$$u_r = \frac{h'_{11}X + h'_{12}Y + t'_1}{h'_{31}X + h'_{32}Y + t'_3}, \quad v_r = \frac{h'_{21}X + h'_{22}Y + t'_2}{h'_{31}X + h'_{32}Y + t'_3} \quad (2)$$

という関係式が成り立つ。

【0 0 4 4】

$\mathbf{h} = (h_{11}, h_{12}, \dots, t_3)^T$, $\mathbf{h}' = (h'_{11}, h'_{12}, \dots, t'_3)^T$ は各カメラの自車座標系に対する 3 次元位置と姿勢、各カメラに装着したレンズの焦点距離、画像中心に関するパラメータである。

【0 0 4 5】

式(1), (2)から X と Y を消去すると、

【数 2】

$$u_r = \frac{H_{11}u + H_{12}v + H_{13}}{H_{31}u + H_{32}v + H_{33}}, \quad v_r = \frac{H_{21}u + H_{22}v + H_{23}}{H_{31}u + H_{32}v + H_{33}} \quad (3)$$

となる。

【0 0 4 6】

ただし、 $\mathbf{H} = (H_{11}, H_{12}, \dots, H_{33})^T$ は \mathbf{h} , \mathbf{h}' で表される定数である。

【0 0 4 7】

この式により、左画像上の点 (u, v) が道路面上の点であると仮定した時の右画像上の対応点を求めることができる。

【0 0 4 8】

言い換えると、左画像上の点 (u, v) が道路平面上にあると仮定すると、その右画像上の対応点 (u_r, v_r) は上式によって決まる。この式を道路平面拘束式と呼ぶ。

【0 0 4 9】

なお、この式のパラメータ $\mathbf{H} = (H_{11}, H_{12}, \dots, H_{33})^T$ は、静止

時に予め求めておく。

【0 0 5 0】

以下にその方法について説明する。

【0 0 5 1】

まず、左画像から道路面上の特徴点（道路平面上に描かれた直線の交点や、ポイントの角点等）を N (≥ 4) 個抽出する。

【0 0 5 2】

次に、抽出した各特徴点の右画像上の対応点を求める。なお、この特徴点抽出と対応づけ処理は、マウスで画像上の点をポインティングすることにより行ってもよい。これらの N 組の対応関係は、各々、式(3)を満たすので、 $2N$ 本の連立方程式を得る。

【0 0 5 3】

この連立方程式を $I-I$ について解くことによりパラメータ $I-I$ を求めることができる。

【0 0 5 4】

この道路平面拘束式を用いて障害物を検出する方法について以下に示す。

【0 0 5 5】

左画像の任意の点 $A(u, v)$ の輝度を $I_L(u, v)$ とし、点 A が道路平面上に存在すると仮定した場合の右画像上の対応点 $A'(u_r, v_r)$ を式(3)から求め、その輝度を $I_R(u_r, v_r)$ とする。

【0 0 5 6】

点 (u, v) が実際に道路平面上に存在すれば、点 A と A' は正しい対応点の組（点 A と A' が道路面上の同じ点の投影点）となるから、基本的には点 A と点 A' の輝度が同じになる。したがって、

【数 3】

$$Diff = |I_L(u, v) - I_R(u_r, v_r)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (4)$$

とおくと $Diff = 0$ となる。

【0 0 5 7】

逆に、 $Diff = 0$ でなければ点 $A(u, v)$ と $A'(u_r, v_r)$ は正しい対応点の組ではないことになり、点 (u, v) は道路平面上に存在しない点、つまり障害物上の点となる。

【0058】

これら一連の処理を基準画像上の全ての点に対して行くと、障害物領域を検出することができる。

【0059】

この際、障害物か否かの判定基準として、ある程度の誤差を考慮し、 $Diff > Thr$ となる点は障害物領域に属すると判定してもよい。

【0060】

ここで、 Thr は予め設定した閾値である。

【0061】

例えば、図 6 上に示すステレオ画像から、同図下に示すような障害物領域が検出される。

【0062】

(衝突時間計測部 5)

衝突時間計測部 5 は、ステレオ画像のうちのどちらかの画像（これを基準画像と呼び、本実施例では、前記したように左画像を基準画像とする）上の障害物の軌跡（障害物の位置の時間変化）から、自車とその障害物に衝突するまでの時間（衝突時間）を計測する。

【0063】

まず、衝突時間について説明する。

【0064】

式(1)の分母を D とおく。すなわち、

$$D = h_{31} X + h_{32} Y + t_3 \quad (5)$$

である。

【0065】

Dは、図7に示すように、障害物の道路平面との接点T (X, Y) と基準カメラの視点Cの光軸方向の距離、すなわち奥行きである。

【0066】

時刻 $t - dt$, t における障害物の道路平面との接点 T' , T の奥行きを各々 D' , D とする。ここで、障害物が自車座標系に対して時刻 $t - dt$, t 間の運動を継続した場合に奥行きが0になるまでの時間を衝突時間 t_c と定義する。

【0067】

図8に奥行きの時間変化を示す。

【0068】

現在の時刻 t から奥行きが0になるまでの時間が衝突時間 t_c なので、 t_c は同図のように表される。斜線で示した2つの三角形の相似関係から、

【数4】

$$\frac{t_c}{D} = \frac{dt}{D' - D} \quad (6)$$

より、

$$t_c = \frac{D}{D' - D} dt = \frac{1}{D'/D - 1} dt = \frac{1}{\gamma - 1} dt \quad (7)$$

ただし、 $\gamma = D' / D$ である。

【0069】

つまり、異なる2時刻における奥行きの比 γ から衝突時間 t_c を求めることができる。

【0070】

以下に検出部4によって求めた各時刻の障害物領域の位置から、その衝突時間を計算する方法について説明する。

【0071】

現在の時刻 t とそれより前の時刻 $t - dt$ において障害物領域が基準画像上で図9に示すように検出されたとし、時刻 t において検出された障害物領域の最下端の線（障害物領域と道路領域の境界線）上の任意の1点を $\mathbf{u} = (u, v)$ とする。点 $\mathbf{u} = (u, v)$ の時刻 $t - dt$ における位置 $\mathbf{u}' = (u', v')$ は、点 \mathbf{u}_0 , \mathbf{u} を結ぶ直線と、時刻 $t - dt$ における障害物領域と道路領域の

境界線の交点として求めることができる。

【0072】

また、時刻 $t - dt$, t における障害物の道路平面上の位置を各々、 $\mathbf{X}' = (X, Y + dY)$, $\mathbf{X} = (X, Y)$ とする。

【0073】

本実施例では、自転車と障害物は Y 軸に沿って運動する（進行方向が一致する）と仮定しているので、各時刻の障害物の位置の X 座標は同一となる。 \mathbf{X}' までの奥行きは、

【数5】

$$D' = h_{31}X + h_{32}(Y + dY) + t_3 \quad (8)$$

であり、式(1)より、

$$\begin{cases} Dv = h_{21}X + h_{22}Y + t_2 \\ D'v' = h_{21}X + h_{22}(Y + dY) + t_2 \end{cases} \quad (9)$$

上記2式と式(5),(8)より、

$$D'v' - Dv = h_{22}(Y' - Y) = \frac{h_{22}}{h_{32}}(D' - D) \quad (10)$$

ここで、 Y 軸に平行な直線 l , l' 上の無限遠方の点の投影点が $\mathbf{u}_0 = (u_0, v_0)$ であるから、式(1)で $Y \rightarrow \infty$ として、

【数6】

$$u = \frac{h_{11}X/Y + h_{12} + t_1/Y}{h_{31}X/Y + h_{32} + t_3/Y} \rightarrow \frac{h_{12}}{h_{32}} = u_0 \quad (11)$$

$$v = \frac{h_{21}X/Y + h_{22} + t_2/Y}{h_{31}X/Y + h_{32} + t_3/Y} \rightarrow \frac{h_{22}}{h_{32}} = v_0 \quad (12)$$

である。 $v_0 = h_{22}/h_{32}$ を式(10)に代入すると、

$$D'(v' - v_0) = D(v - v_0) \quad (13)$$

したがって、

$$\gamma = \frac{D'}{D} = \frac{v - v_0}{v' - v_0} \quad (14)$$

この γ を式(7)に代入することによって、障害物の衝突時間を計算することができる。

【0074】

つまり、図9に示すように道路平面上を運動する障害物の衝突時間は、その障害物の道路平面との接点の時刻 $t - dt$ 、 t における画像上の位置 u' 、 u と、直線 l 、 l' の消失点 u_0 のみから計算でき、自車座標系に対するカメラの位置や姿勢に依存しない。

【0075】

以上のようにして、車載のステレオカメラからカメラパラメータを用いずに、かつ、奥行き探索を行うことなく道路平面上の障害物を検出し、さらに、その障害物が自車に衝突するまでの時間を計算することができる。

【0076】

(実施例の効果)

以上により、本実施例であると、ステレオカメラで取得したステレオ画像を処理して、道路平面からの高さの有無により障害物を検出するため、明るさの変動や影の影響を受けず、画像中から先行車や歩行者等の障害物を検出することができる。また、従来のステレオ視の問題であった、多大な時間と労力を要するカメラキャリブレーションの作業と、計算コストの高い奥行き探索（対応探索）処理が不要なため、実用的効果は多大である。

【0077】

(変更例1)

本実施例は画像入力部1で、2台のTVカメラを左右に並べて2枚の画像を入力しているが、これらのカメラは上下に配置してもよい。

【0078】

また、3台以上のカメラを配置してもよい。

【0079】

(変更例2)

特徴抽出部3は、道路平面上の2本の線を抽出する場合について説明したが、3本以上の線を抽出してもよいし、方向ベクトルが同じであれば、道路平面上にない線、例えば、ガードレール上の線を抽出してもよい。

【0080】

(変更例 3)

検出部 4 はさらに図 1 0 に示す構成をとることもできる。

【0 0 8 1】

ここでは、画像変換部 4 - 1, 差異計算部 4 - 2 から構成している。

【0 0 8 2】

画像変換部 4 - 1 は、右画像を以下の手順に従って画像変換する。一般に、画像は画像上の点 (u, v) を変数とし、その各点に対して輝度値が定義された関数 $f(u, v)$ として表現できる。以下では画像をこのように表現する。

【0 0 8 3】

図 1 1 に示すようなステレオ画像が入力されたとし、右画像を $g(u, v)$ 、その変換後の画像を $g'(u, v)$ を求める。以下のように、 $g'(u, v)$ を求める。

【0 0 8 4】

【数 7】

$$g'(u, v) = g(u_r, v_r) \quad (15)$$

ただし、 (u_r, v_r) は、式(3)より求める。 $g'(u, v)$ は、画像 $g(u, v)$ 上の全ての点が道路平面上に存在すると仮定した場合に、左カメラで得られる画像である。

【0 0 8 5】

例えば、図 1 2 の右画像からは、同図に示すような変換画像を得る。

【0 0 8 6】

図 1 3 に示すように、道路平面上にある点の投影点は、左画像と変換画像で同一となるのに対し、道路平面上にない点、すなわち、障害物（この場合は先行車両）上の点は、道路からの高さに応じて異なる位置に投影される。

【0 0 8 7】

したがって、この左画像と変換画像の差分を取ることで、道路平面上の障害物を検出する。つまり、左画像を $f(u, v)$ とすると、

【数 8】

$$Diff' = |f(u, v) - g'(u, v)| \quad (|\cdot| \text{は絶対値}) \quad (16)$$

として、 $Diff' = 0$ でなければ、あるいは誤差を考慮して、 $Diff' > Thr$ (Thr は予め設定した閾値) となる点 (u, v) は障害物領域に属すると判定する。

【0 0 8 8】

(変更例 4)

検出部 4 は画素間差分をとることによって 2 枚の画像の差異を検出したが、各点に対して $(2w+1) \times (2w+1)$ のウィンドウを設定し、ウィンドウ内の輝度値の平均や分散、正規化相互相関等から差異を検出してもよい。

【0 0 8 9】

2 枚の画像 $F(u, v)$, $G(u, v)$ の点 (u, v) の正規化相互相関 C は以下の式から算出できる。

【0 0 9 0】

【数 9】

$$C = \frac{1}{N} \sum_{\eta=-w}^w \sum_{\xi=-w}^w \frac{(F(u+\xi, v+\eta) - a_1)(G(u+\xi, v+\eta) - a_2)}{\sigma_1 \sigma_2} \quad (17)$$

ここで、 $N = (2w+1) \times (2w+1)$, a_1 , a_2 は 2 枚の画像のウィンドウ内の輝度の平均、 σ_1^2 , σ_2^2 は 2 枚の画像ウィンドウ内の輝度の分散であり、 $-1 \leq C \leq 1$ である。

【0 0 9 1】

この場合、 $C < Thr$ となる点 (u, v) が障害物領域に属すると判定する。ここで、 $Thr (\leq 1)$ は予め設定した閾値である。

【0 0 9 2】

(変更例 5)

本実施例では道路両端の 2 本の白線を直線として抽出したが、道路がカーブしている場合には白線は曲線となる。

【0 0 9 3】

この場合には、白線を曲線として抽出すれば、同様に障害物を検出することができる。

【 0 0 9 4 】

(変更例 6)

道路面として平面を仮定して説明したが、曲面の場合であっても、平面の場合と同様に障害物を検出することができる。

【 0 0 9 5 】

(変更例 7)

自車と障害物に対し、車線に平行な運動を仮定したが、平行でない場合（例えば、車線変更する場合）にも適用可能である。

【 0 0 9 6 】

(変更例 8)

本実施例は、車載カメラからの障害物検出に関して記述したが、例えば、移動ロボットの自律走行にも適用することが可能であり、本手法は車載カメラからの障害物検出に限定されるものではない。

【 0 0 9 7 】

(変更例 9)

ステレオカメラを車の前方に設置し、前方の障害物を検出する場合について記述したが、車の側方や後方に設置して、各々の方向の障害物を検出することも可能である。

【 0 0 9 8 】

(変更例 1 0)

衝突時間計測部 5 は、計算した障害物に衝突するまでの時間が小さい場合には自車ドライバーに警報を発したり、衝突時間の大小に応じて音量や音質の異なる警報を発することも可能である。

【 0 0 9 9 】

(変更例 1 1)

車載ステレオカメラのカメラパラメータは走行中に変化しないものとしたが、変化する場合には道路平面拘束を更新すれば同様に障害物を検出し、その衝突時

間を計算することができる。

【0 1 0 0】

その他、本発明の要旨を逸脱しない範囲で変形を実施できる。

【0 1 0 1】

【発明の効果】

本発明であると複数台のカメラで取得した複数の画像を処理して、3次元空間中のある面からの高さの有無により障害物を検出するため、明るさの変動や影の影響を受けず、画像中から障害物を検出することができる。

【0 1 0 2】

また、従来のステレオ視の問題であった、多大な時間と労力を要するカメラキャリブレーションの作業と、計算コストの高い奥行き探索（対応探索）処理が不要なため、実用的効果は多大である。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

ステレオ視の対応探索を説明するための図である。

【図 2】

本実施例の自車の説明図である。

【図 3】

本実施例の障害物検出装置のブロック図である。

【図 4】

自車座標系を説明するための図である。

【図 5】

特徴抽出部 3 における直線抽出処理を説明するための図である。

【図 6】

検出部 4 における障害物検出処理を説明するための図である。

【図 7】

奥行きを説明するための図である。

【図 8】

衝突時間を説明するための図（その 1）である。

【図 9】

衝突時間を説明するための図（その 2）である。

【図 1 0】

検出部 4 の変更例のブロック図である。

【図 1 1】

ステレオ画像である。

【図 1 2】

右画像とその変換画像を説明するための図である。

【図 1 3】

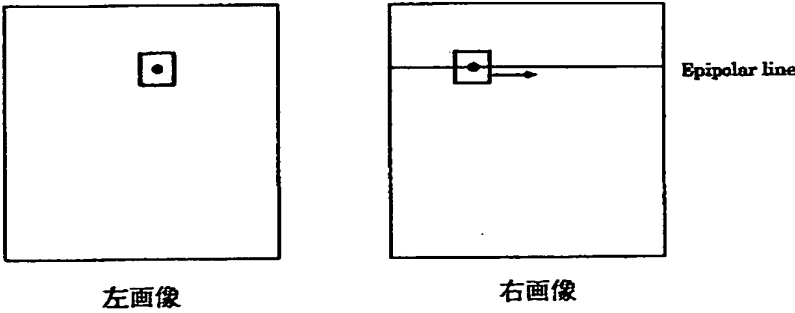
左画像と右画像の変換画像を説明するための図である。

【符号の説明】

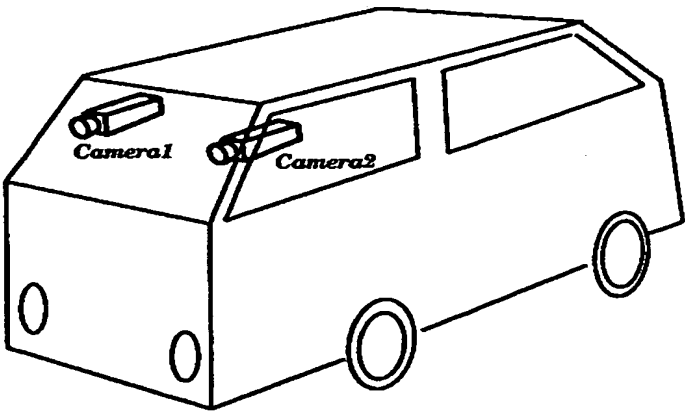
- 1 画像入力部
- 2 画像蓄積部
- 3 特徴抽出部
- 4 検出部
- 5 衝突時間計算部

【書類名】 図面

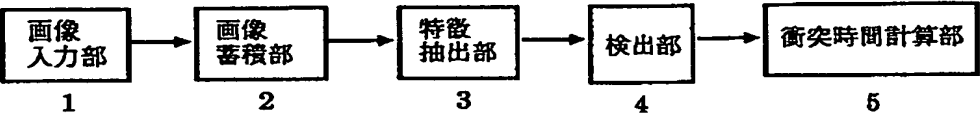
【図 1】



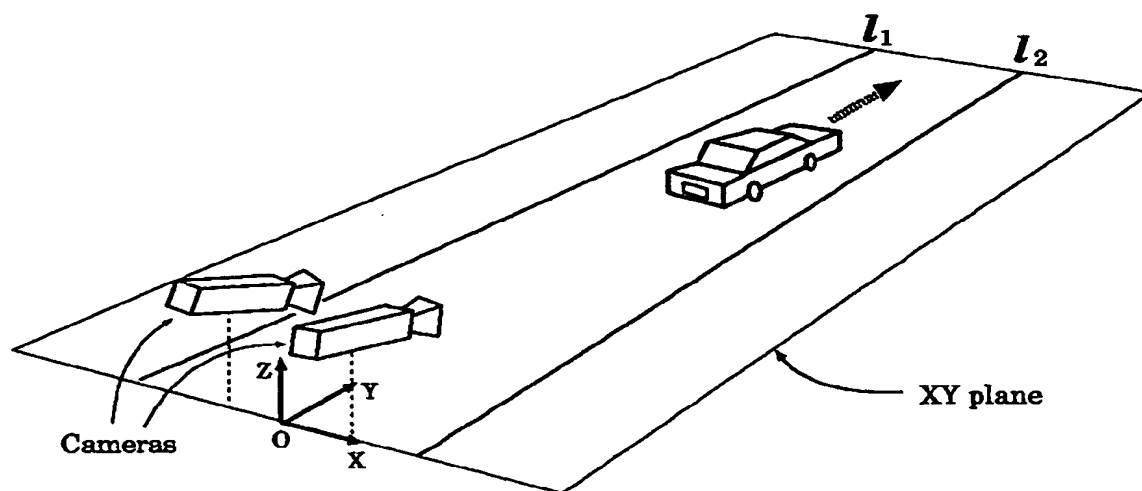
【図 2】



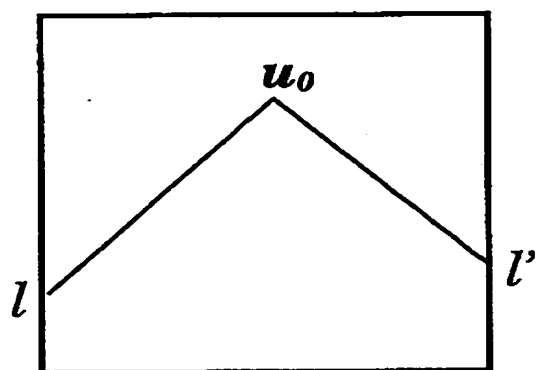
【図 3】



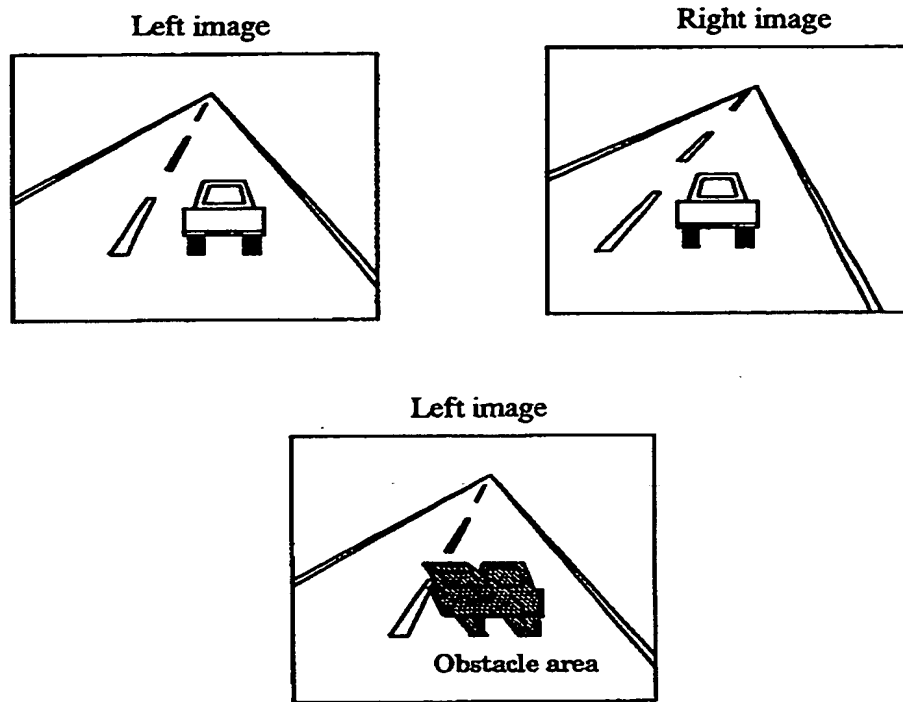
【図 4】



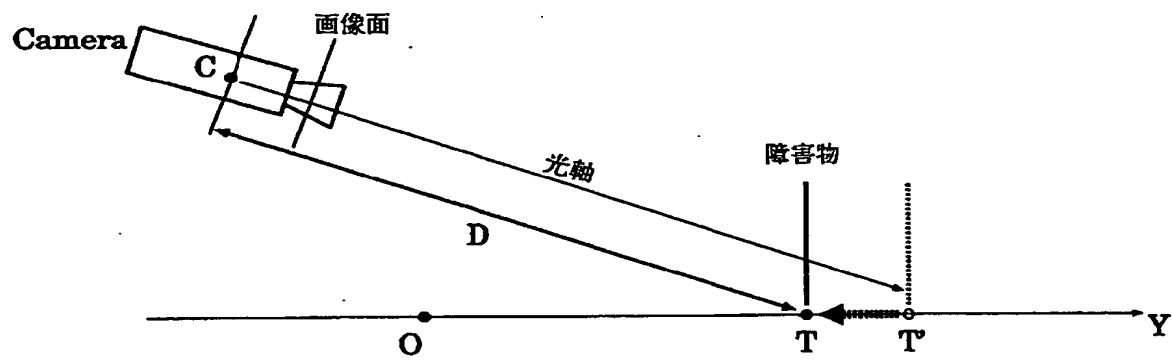
【図 5】



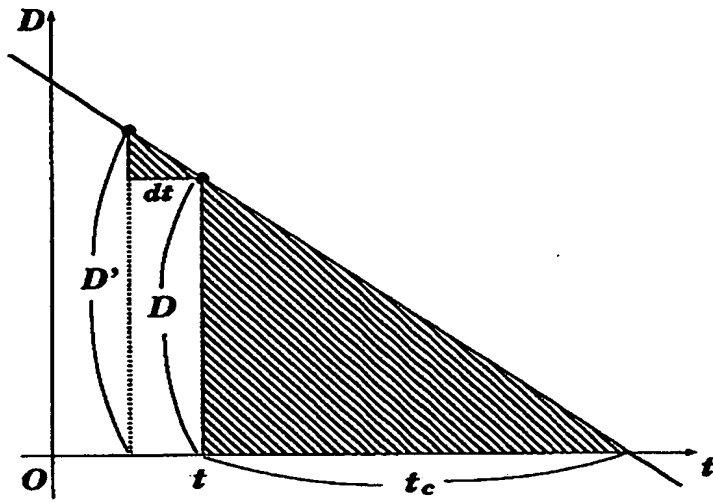
【図 6】



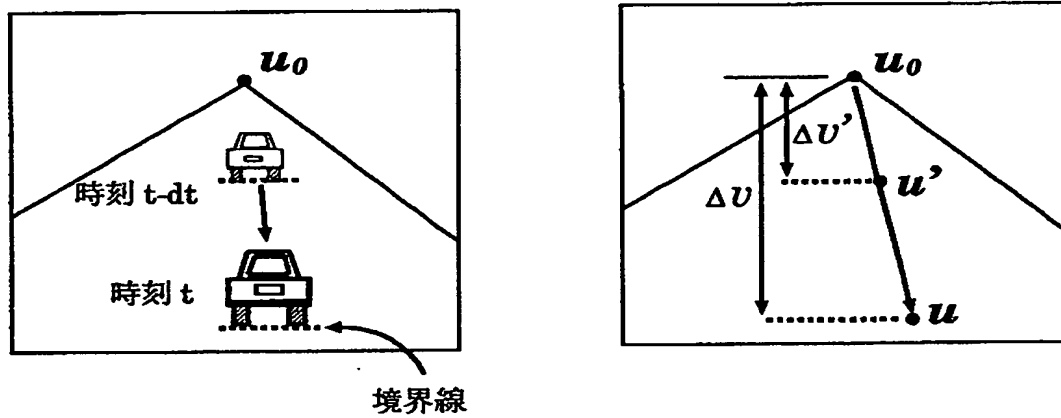
【図 7】



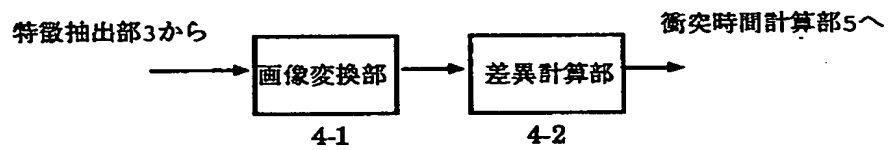
【図 8】



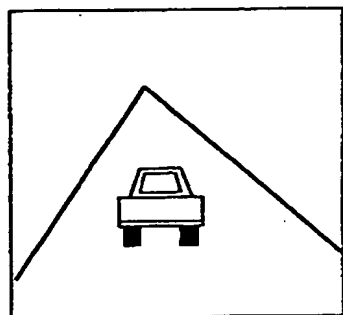
【図 9】



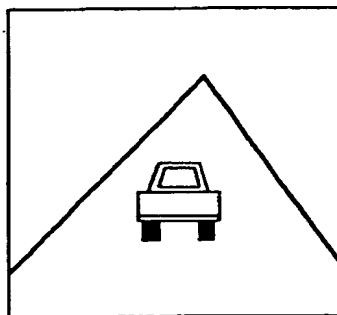
【図 1 0】



【図 1 1】

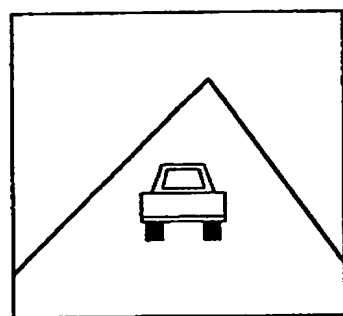


左画像



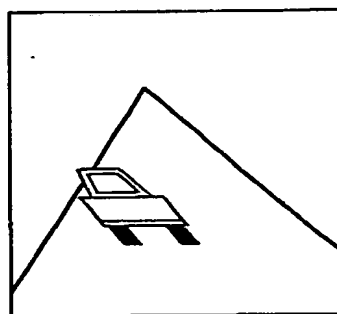
右画像

【図 1 2】



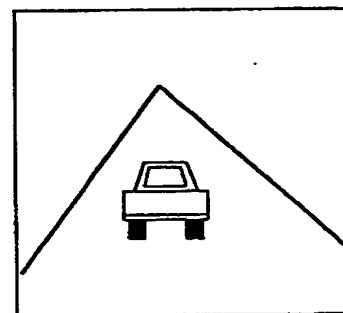
右画像

画像変換
→

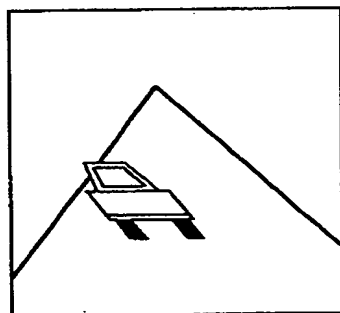


変換画像

【図 1 3】



左画像



変換画像

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 自動車の安全運手の支援等を行うための技術であって、車載のステレオカメラを用いて、他の走行車両や駐車車両、歩行者等の道路面上に存在する障害物を検出し、さらに、その障害物が自車が衝突するまでの時間を計測する障害物検出装置を提供する。

【解決手段】 複数台のTVカメラによりなる画像入力部1で入力された複数枚の画像を蓄積するための画像蓄積部2と、複数台のカメラのうちの1台を基準カメラとし、この基準カメラが取得した画像を基準画像とし、その他のカメラが取得した画像を参照画像として、3次元空間中のある面上を基準カメラに対して相対的に静止、または、運動する物体の動きの無限遠点に対応した前記基準画像上の投影点Uを抽出する特徴抽出部3と、基準画像上の任意の点Pが道路面上にあると仮定した場合の参照画像上の対応点P'を算出し、これら点Pと点P'の輝度差から道路面上に存在しない点を検出する検出部4と、検出部4により検出した基準画像上における道路面上に存在しない点と、特徴抽出部3により抽出した投影点Uとに基づいて、道路面上に存在しない点を含む障害物が前記基準カメラに衝突するまでの時間を計算する衝突時間計算部5とを有する。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000003078]

1. 変更年月日	1990年 8月22日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県川崎市幸区堀川町72番地
氏 名	株式会社東芝